

■商用化が進む電力・エネルギー分野のブロックチェーン技術2020-2021

[電力トレーサビリティ/P2P取引から法規制・標準化、ビジネスモデルまで]

目次

はじめに

第1章 ブロックチェーン技術の登場から電力・エネルギー分野の応用まで

1.1 ビットコインの誕生

1.1.1 ブロックチェーン技術とは

1.1.2 ビットコインの特徴

1.1.3 ビットコインの価値は市場で決まる

1.2 アルトコインと初期の金融分野での応用

1.2.1 アルトコインの開発

1.2.2 イーサリアム (Ethereum) とスマートコントラクト

1.2.3 通貨以外のアプリケーションの開発

1.3 電力・エネルギー分野での応用の開始

1.3.1 米国エルオースリーエナジー (LO3 Energy) のプロジェクト

1.3.2 米国ナスダック本社で電力取引のデモ

1.3.3 オーストラリアのパワーレジジャーの実証実験

1.3.4 初期の取り組みに共通すること

1.4 電力取引プラットフォーム開発プロジェクトの急増

1.4.1 分散型エネルギーリソース (DER) の急増とコストの下落

1.4.2 固定価格買取制度 (FIT) に代表される導入支援策の縮小

1.5 電力・エネルギー分野のアプリケーションの広がり

第2章 電力・エネルギー分野のプロがブロックチェーン技術について理解すべきこと

2.1 ブロックチェーン技術と分散型台帳技術

2.1.1 ブロックチェーン・分散型台帳技術の主な特徴

2.1.2 ブロックチェーン技術と分散型台帳技術の関係

2.1.3 ブロックチェーン技術と分散型台帳技術の定義

2.2 ブロックチェーンの基盤技術とアプリケーション

2.2.1 ブロックチェーンの基盤技術とアプリケーションの階層構造.

2.2.2 ブロックチェーン基盤技術の3つの選択肢

2.3 ビットコインブロックチェーン

2.3.1 ノードと分散ネットワーク

- 2.3.2 ウォレット（暗号資産の財布）
 - 〔1〕 重要となる秘密鍵
 - 〔2〕 ウォレットの固有のアドレス
- 2.3.3 暗号学的ハッシュ関数
 - 〔1〕 暗号学的ハッシュ関数の特徴
 - 〔2〕 文書の改ざん検知
- 2.3.4 公開鍵暗号方式
- 2.3.5 デジタル署名
 - 〔1〕 デジタル署名付きの文書と公開鍵を受信者に送信
 - 〔2〕 信者側が行う検証
- 2.3.6 二重消費を防ぐUTXO 方式
- 2.3.7 Proof of Work（作業証明）という取引承認方式
 - 〔1〕 Proof of Workによる取引承認の仕組み
 - 〔2〕 ブロック内のナンスと採掘作業（マイニング）
 - 〔3〕 先頭の所定桁数がゼロになるダイジェストを発見し伝播
 - 〔4〕 「チェーン」とは何か
 - 〔5〕 63万個のブロックがつながっている意味
- 2.3.8 取引の確定
- 2.4 イーサリアム（Ethereum）
 - 2.4.1 ビットコインとイーサリアムの違い
 - 〔1〕 イーサリアムの特徴：パブリック型のブロックチェーン
 - 〔2〕 ビットコインとイーサリアムの共通点と相違点
 - 〔3〕 電力・エネルギー分野でイーサリアムの採用が多い理由
- 2.5 パブリック型ブロックチェーンの課題
 - 2.5.1 秘匿性の欠如
 - 〔1〕 秘匿性は欠如しているが匿名性は確保
 - 〔2〕 電力・エネルギー分野における応用の場合
 - 2.5.2 スケーラビリティ（拡張可能性）
 - 〔1〕 ブロックサイズの要因
 - 〔2〕 分散システムに由来する要因
 - 〔3〕 イーサリアムの次のアップグレード「セレンティ」(Serenity)
 - 2.5.3 処理速度
 - 2.5.4 リアルタイム性
 - 2.5.5 処理コスト
 - 〔1〕 ビットコインとイーサリアムの処理コスト
 - 〔2〕 WePowerのトークン化実験におけるコストの試算
 - 2.5.6 資源の消費

2.6 コンソーシアム型ブロックチェーン

2.6.1 ハイパーレジャー (Hyperledger)

- [1] ハイパーレジャーとそのプロジェクト
- [2] ハイパーレジャー・ファブリックの特徴
- [3] パブリック型とコンソーシアム型の非中央集権度

2.6.2 EW Chain (Energy Web Chain)

- [1] EWFが開発した基盤技術「EW Chain」
- [2] EWFの取り組みの特徴
- [3] EW Chainの主な特徴

2.6.3 その他のブロックチェーン

- [1] クォーラム (Quorum)
- [2] コルダ (Corda)
- [3] リブラ (Libra)

2.7 コンソーシアム型ブロックチェーンの課題

2.7.1 スケーラビリティ (拡張可能性)

2.7.2 処理速度

2.7.3 対改ざん性

2.7.4 第三者による検証可能性

2.7.5 構築コスト

2.7.6 パブリック型とコンソーシアム型の比較

2.8 スマートコントラクト

2.8.1 スマートコントラクトとは

- [1] 自動的に契約を履行する仕組み
- [2] スマートコントラクトのメリット
- [3] 汎用的な用途に設計されたスマートコントラクト

2.8.2 ブロックチェーン技術とスマートコントラクト

2.8.3 スマートコントラクトの課題

- [1] ハッキング事件の例：ザ・ダオ (The DAO) 事件
- [2] スマートコントラクトの不完全性

2.9 電力・エネルギー分野における応用事例と基盤技術

第3章 電力・エネルギー分野のブロックチェーン技術の応用と事例

3.1 ブロックチェーン技術の応用事例の概観と整理

3.1.1 電力・エネルギー分野におけるブロックチェーン技術の応用事例の整理法枠組み

3.1.2 整理法に基づいた応用事例の分類

- [1] 電力取引系の応用事例

- [2] 電力取引系と金融取引系を組み合わせた応用事例、および金融取引系の応用事例
- [3] 記録保存の機能に着目した応用事例

3.2 P2P 電力取引と電力取引プラットフォーム

3.2.1 P2P電力取引および電力取引プラットフォームの概念整理

- [1] 通信のP2Pと電力のP2P
- [2] 「P2P電力取引」の事例から見る特徴
- [3] P2P電力取引の定義

3.2.2 P2P電力取引が行われる電力システムに関する前提

- [1] 2つの電力システムとその違い
- [2] 電力システムの物理層と情報通信層
- [3] 電力システムの情報通信層

3.2.3 P2P電力取引の手法

- [1] P2P電力取引を実現する共通要素
- [2] P2P電力取引実現方法の選択肢
- [3] 電力取引プラットフォーム

3.3 P2P 電力取引の事例

3.3.1 事例1：パワーレジャー（Power Ledger）

- [1] パワーレジャーのプロフィール
- [2] パワーレジャーのP2P 電力取引の実証実験および活動
- [3] パワーレジャーのプラットフォームの構造

3.3.2 事例2：LO3エナジー（LO3 Energy）

- [1] LO3エナジーのプロフィール
- [2] LO3エナジーのP2P電力取引の実証実験および活動
- [3] LO3エナジーのプラットフォーム

3.3.3 事例3：その他の事例

3.4 ブロックチェーン技術の金融取引系の応用

3.4.1 資金調達プラットフォーム

- [1] 海外の活動状況
- [2] 日本のレヴァイアスも資金調達へ

3.4.2 ザ・サンエクスチェンジの取り組み

- [1] すでに21プロジェクトが運転開始済み
- [2] 運転データと取引データはブロックチェーン上に記録

3.4.3 再エネ資金調達プラットフォームの課題

- [1] 世界中の投資家から資金を調達できるという利点
- [2] 投資におけるデューデリジェンスの壁

3.5 エネルギー由来の暗号資産に関する海外と日本の事例

3.5.1 複数の組織が取り組むエネルギー由来の暗号資産への応用

- 3.5.2 ソーラーコイン (SolarCoin) の仕組み
 - [1] 試算例：ソーラーコインの市場価値
 - [2] ソーラーコインのブロックチェーン
- 3.6 ブロックチェーン技術の記録保存系の応用
 - 3.6.1 再エネのトレーサビリティおよび証書
 - [1] トレーサビリティ：電気の由来を証明
 - [2] 日本におけるグリーン電力証書ほか
 - [3] 海外での電力証書システム
 - 3.6.2 「EW Origin」を使った証書ビジネスとその仕組み
 - [1] 発電設備の登録と認定
 - [2] 証書発行
 - [3] 証書の取引・償還
 - 3.6.3 記録保存に着目したデマンドレスポンスの実証事例
 - [1] エナリスと会津ラボのデマンドレスポンスの実証実験
 - [2] 実証実験の検証結果
 - 3.6.4 ブロックチェーン技術による蓄電池の充放電
 - [1] バッテリー残存価値予測システム「BRVPS」
 - [2] BRVPSを使ったバッテリー二次利用

第4章 電力・エネルギー分野のブロックチェーン技術の応用の考察とよくある疑問

- 4.1 ブロックチェーン技術を使うことの価値の源泉は何か
 - 4.1.1 【価値①】信頼性の高い記録保存
 - 4.1.2 【価値②】情報共有や取引管理の効率化
 - 4.1.3 【価値③】新しいビジネスモデル開発の可能性
- 4.2 ブロックチェーン技術は電力業界をdisruptし、従来のビジネスモデルを覆すのか
 - 4.2.1 Disruptive (破壊的) とは
 - 4.2.2 既存の電気事業者が中抜きされるか？
 - [1] 中抜きは起こらない
 - [2] 中抜きは起こらない理由
 - 4.2.3 電力流通の価値形成ポイントは変わるか
- 4.3 ブロックチェーン技術はコストダウンを実現するか
 - 4.3.1 コスト低減の可能性に関する主張の例
 - 4.3.2 コスト低減の根拠
 - [1] ブロックチェーン技術がコスト削減につながるという主張の根拠
 - [2] コスト削減につながるという根拠の検討と評価
 - 4.3.3 コスト低減に関する考察

- [1] 電力の場合のコスト低減と費用便益の分析
- [2] ブロックチェーン技術によるコストダウンと留意点

4.4 ブロックチェーン技術に関するその他の疑問

4.4.1 マイニングのための電力消費は問題になるか

- [1] ブロックチェーン技術のエネルギー大量消費への批判
- [2] 大量の電力消費を必要としない

パブリック型ブロックチェーン技術の取引承認方法

- [3] 結論：一部のパブリック型のブロックチェーンを除き、電力消費は問題にならない

4.4.2 電力分野の応用にはパブリック型が向いているか、コンソーシアム型が向いているか

- [1] コンソーシアム型のほうが適合する可能性は高い
- [2] 柔軟に基盤技術を変更できるような設計が理想

第5章 電力・エネルギー分野のブロックチェーン技術に関する日本企業の取り組み

5.1 日本企業の取り組み動向

5.2 大手電力会社のブロックチェーン技術に関する取り組み

5.2.1 10社のうち7社がブロックチェーンへの取り組みを開始

5.2.2 ブロックチェーンへの取り組み内容：圧倒的に多い実証実験

5.2.3 実証実験の内訳：15件中9件がP2P電力取引

5.3 新電力・エネルギーサービス事業者のブロックチェーン取り組み

5.3.1 商用運用開始は、「楽天エナジー」と「みんな電力」の2社

5.3.2 ブロックチェーンを使用した2つの商用化案件の特徴

5.4 機器メーカー・ITベンダ・スタートアップ企業のブロックチェーン技術への取り組み

5.4.1 富士通・富士通研究所とエナリスの共同開発

5.4.2 スタートアップ企業（小売電気事業者のライセンス保有企業含む）のケース

- [1] ユーザー企業主導のケース
- [2] スタートアップ企業主導のケース
- [3] スタートアップ企業自身がサービス事業者となったケース

5.5 日本におけるブロックチェーン関連の業界団体：DELIAとEBEC

第6章 電力・エネルギー分野へのブロックチェーン技術の応用をめぐる法規制・標準化の課題と動向

6.1 電力・エネルギー分野におけるブロックチェーンに関連する法制度と課題・動向

6.1.1 ブロックチェーンに関連する日本の法制度の概要

6.1.2 P2P電力取引に関する法制度

- [1] P2P電力取引を8つの類型に分類

[2] 非系統型P2P電力取引：類型④～⑥

[3] 系統型P2P電力取引：類型⑦～⑪

[4] P2P電力取引に重要となる経済インセンティブ

6.1.3 日本の法制度に関する動向

[1] 災害に強い電力供給モデルと低炭素化の課題

[2] 制度設計の検討：アグリゲーターライセンスの導入と電気計量制度の合理化

[3] 規制サンドボックス制度によるビジネスモデルの実証

6.2 電力・エネルギー分野のブロックチェーン技術関連の標準化動向

6.2.1 IEEE P2418.5ワーキンググループ：エネルギー分野のブロックチェーン技術に関する標準化

[1] IEEE SAのP2418プロジェクトの構成

[2] 2021年に標準化を予定

6.2.2 INATBA：EUのブロックチェーン技術の国際標準化組織

6.2.3 日本におけるブロックチェーン技術の標準化活動

第7章 電力・エネルギー分野におけるブロックチェーン技術の普及シナリオ

7.1 電力・エネルギー分野におけるブロックチェーン技術の普及の推進力

7.1.1 課題ドリブンかテクノロジードリブンか

7.1.2 ブロックチェーン技術への投資

7.1.3 ガートナー社によるハイブ・サイクル

7.1.4 各組織における投資の意思決定

7.1.5 その他の普及の推進力：規制緩和

7.2 エクイティ投資の状況

7.3 企業のブロックチェーン技術への関心

7.4 イニシャル・コイン・オファリング（ICO）を使った資金調達状況

7.4.1 ICO（新規暗号資産発行）とは

7.4.2 ICOとIPOの違い

7.5 2025年までに考えられる4つのシナリオ

7.5.1 《シナリオ1》 実現確率10%

7.5.2 《シナリオ2》 実現確率35%

7.5.3 《シナリオ3》 実現確率35%

7.5.4 《シナリオ4》 実現確率20%

7.5.5 シナリオのまとめ

おわりに：次々と出現する新技術にどう向き合うか